

特開平6-6400

(43)公開日 平成6年(1994)1月14日

(51)Int.Cl.⁵
H 0 4 L 27/38識別記号
庁内整理番号
9297-5KF I
H 0 4 L 27/ 00技術表示箇所
G

審査請求 未請求 請求項の数2(全 10 頁)

(21)出願番号 特願平4-163065

(22)出願日 平成4年(1992)6月22日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 阿部 政美

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

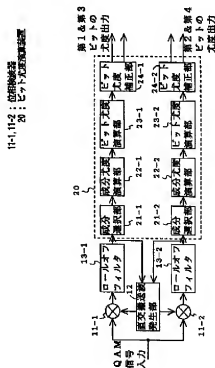
(74)代理人 弁理士 柿本 恭成

(54)【発明の名称】 ビット尤度演算装置

(57)【要約】

【目的】 QAM方式におけるビット列判定の際、それがどの程度信頼できるか(ビット尤度)を数値化し、受信状態に応じたビット毎の精度の高い尤度を出力する。

【構成】 成分選択部21-1、21-2は、受信信号におけるI成分及びQ成分の候補をそれぞれ2つ選択して成分尤度演算部22-1、22-2へ送る。成分尤度演算部22-1、22-2では、I成分及びQ成分のそれぞれの判定値の尤度を求める。このI成分及びQ成分の各尤度から、ビット尤度演算部23-1、23-2により、ビット毎の尤度を算出し、その算出結果をビット尤度補正部24-1、24-2で補正する。



本発明の第1の実施例のビット尤度演算装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 直交振幅変調方式における受信信号に基づき、ビット尤度を算出するビット尤度演算装置において、

前記受信信号における同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択する成分選択手段と、

前記成分選択手段の出力に基づき、候補成分と受信成分の差の絶対値を最大尤度から減ずることによって、前記選択された同相成分及び直交成分の候補の成分尤度をそれぞれ算出する成分尤度演算手段と、

前記算出された同相成分及び直交成分の成分尤度から、それぞれ対応するビットのビット尤度を算出するビット尤度演算手段と、

前記ビット尤度演算手段の出力に基づき、前記選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正するビット尤度補正手段とを、

備えたことを特徴とするビット尤度演算装置。

【請求項2】 直交振幅変調方式における受信信号に基づき、ビット尤度を算出するビット尤度演算装置において、

前記受信信号における同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択する成分選択手段と、

前記選択された同相成分及び直交成分の候補からその候補の尤度に変換するため、固有レベルで最大値をとり、固有レベルの中間点で最小値をとる関数を使用する変換表を記録する変換用メモリと、

前記選択された同相成分及び直交成分の候補に対応するビットの尤度を前記変換用メモリから読み出すビット尤度変換手段と、

前記成分選択手段及びビット尤度変換手段の出力に基づき、前記選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正するビット尤度補正手段とを、

備えたことを特徴とするビット尤度演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、直交振幅変調(Quadrature Amplitude Modulation、以下QAMという)方式の受信側に設けられるもので、該QAM方式における受信信号に基づきビット尤度を算出するビット尤度演算装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、QAM方式を用いた送信側の変調器及び受信側の復調器としては、種々の構成のものが提案されている。まず、そのQAM方式について説明する。QAM方式は、送信したいビット列を2つに分け、それぞれのビット列を直交する2つの搬送波でそれぞれ振幅変調し、加え合わせるデジタル変調方式である。振幅変調成分の一方をI成分、他方をQ成分という。2

ビットn QAM方式は、I成分で2ビットnレベル、Q成分で2ビットnレベルをもち、2ビットn個の信号点を持つ。各信号点には、2ビットnが割り当てられており、I成分の決定にそのうちの2ビット(n-1)ビット、Q成分の決定に残りの2ビット(n-1)ビットを使用する。

【0003】例えば、16 QAM方式の場合、信号点配置及びビット割り当ては図2のようになる。I成分、Q成分方向で隣り合う2つの信号点に割り当てられた各4ビットのビット列の違いは、すべて1ビットとしている(グレイ(Gray)符号化)。I成分の決定は、4ビットのうち、第1、第3ビットを使用する。第1ビットが0、第3ビットが1の場合、I成分のレベルは+1となる(レベルは-3、-1、+1、+3とする)。Q成分の決定は、4ビットのうち、第2、第4ビットを使用する。なお、どのビットを組み合わせてI、Q成分を決定するかは、信号点に対するビット割り当ての仕方により異なる。

【0004】次に、従来のQAM方式の変調器及びその復調器の構成を図3及び図4を参照しつつ、以下説明する。図3は、従来の16 QAM方式の変調器の一構成例を示すブロック図である。この変調器は、受信装置側に設けられるもので、2値/4値変換部1-1、1-2、ロールオフフィルタ2-1、2-2、振幅変調部3-1、3-2、直交搬送波源4、及び加算部5を備えている。この変調器では、まず、2値/4値変換部1-1において、送信4ビットの第1、第3ビットからI成分の値を1つ選択し(全部で4レベル)、さらに2値/4値変換部1-2において、送信4ビットの第2、第4ビットからQ成分の値を1つ選択する(全部で4レベル)。次に、2値/4値変換を4ビット入力毎に繰り返すことにより生じる4レベルのステップ信号を、それぞれ高調波成分除去用のロールオフフィルタ2-1、2-2を通し、直交搬送波源4からの直交する2つの搬送波を用い、振幅変調部3-1、3-2でそれぞれ変調し、加算部5で加え合わせてQAM信号を出力する。

【0005】図4は、従来の16 QAM方式の復調器の一構成例を示すブロック図である。この復調器は、位相検波器11-1、11-2、直交搬送波発生部12、ロールオフフィルタ13-1、13-2、4値識別器14-1、14-2、及び4値/2値変換部15-1、15-2を備えている。この復調器では、まず、図3の変調器からのQAM信号の受信波を2分し、直交搬送波発生部12から出力される直交搬送波を用いて位相検波器11-1、11-2でそれぞれ検波する。各直交搬送波を乗じた受信波は、ロールオフフィルタ13-1、13-2で高調波成分を除去した後、4値識別器14-1、14-2を通すことにより、I成分及びQ成分それぞれのレベルを、4値のいずれかとする。

【0006】例えば、受信レベルが、0以上+2より低

い場合は、レベルを+1とし、+2以上の場合は、レベルを+3とする。受信信号レベルは伝送路の状態に応じて変動するので、自動利得制御部（AGC）によって平均信号レベルが一定に保たれるように補正している。最後に、選択されたI成分及びQ成分の値から4値/2値変換部15-1、15-2により、ビット列が求められる。I成分のレベルから、第1、第3ビットが決定され、Q成分のレベルから、第2、第4ビットが決定される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の装置では、次のような課題があった。受信波は、伝送路の周波数特性、あるいは搬送波に対する位相変動や周波数オフセット等の影響を受ける。ところが、従来の技術では、4値識別器14-1、14-2及び4値/2値変換部15-1、15-2を用いてI成分のレベルから第1、第3レベルを決定し、Q成分のレベルから第2、第4レベルを決定している。ビット列を閾値判定により確定してしまい、中間レベルのようなものにおいてはビットの決定結果が不安定となり、受信状態に応じた判定値の信頼性を反映していないという問題があり、それを解決することが困難であった。本発明は、前記従来技術が持っていた課題として、受信状態に応じた判定値の信頼性を反映しておらず、判定精度が低いという点について解決するため、QAM方式におけるビット列判定の際、それがどの程度信頼できるか（ビット尤度）を数値化するビット尤度演算装置を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、前記課題を解決するために、直交振幅変調方式における受信信号に基づき、ビット尤度を算出するビット尤度演算装置において、前記受信信号における同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択する成分選択手段と、前記成分選択手段の出力に基づき、候補成分と受信成分の差の絶対値を最大尤度から減ずることによって、前記選択された同相成分及び直交成分の候補の成分尤度をそれぞれ算出する成分尤度演算手段とを、備えている。さらに、前記算出された同相成分及び直交成分の成分尤度から、それぞれ対応するビットのビット尤度を算出するビット尤度演算手段と、前記ビット尤度演算手段の出力に基づき、前記選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正するビット尤度補正手段とが、設けられている。

【0009】第2の発明は、第1の発明と同様に、直交振幅変調方式における受信信号に基づき、ビット尤度を算出するビット尤度演算装置において、前記受信信号における同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択する成分選択手段と、前記選択された同相成分及び直交成分の候補からその候補の尤度に変換するため、固有レベルで最大値をとり、固有レベルの中間点で最小値をと

る関数を使用する変換表を記録する変換用メモリとを、備えている。さらに、前記選択された同相成分及び直交成分の候補に対応するビットの尤度を前記変換用メモリから読み出すビット尤度変換手段と、前記成分選択手段及びビット尤度変換手段の出力に基づき、前記選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正するビット尤度補正手段とが、設けられている。

【0010】

【作用】第1の発明によれば、以上のようにビット尤度演算装置を構成したので、成分選択手段は、QAM方式において受信信号における同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択し、その選択結果を成分尤度演算手段へ与える。成分尤度演算手段では、同相成分及び直交成分のそれぞれの判定値の尤度を求め、その同相成分及び直交成分の各尤度から、ビット尤度演算手段によってビット毎の尤度を算出し、その算出されたビット毎の尤度が、ビット尤度補正手段へ送られる。ビット尤度補正手段では、選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正する。これにより、推定ビット列がどの程度信頼できるか（ビット尤度）を数値化することが可能となる。

【0011】第2の発明によれば、成分選択手段が、第1の発明と同様に、受信信号における同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択し、その選択結果をビット尤度補正手段へ与える。ビット尤度変換手段は、選択された同相成分及び直交成分の候補に対応するビットの尤度を変換用メモリから読み出し、同相成分及び直交成分のそれぞれの判定値の尤度及びビット毎の尤度を出力し、ビット尤度補正手段へ与える。ビット尤度補正手段では、成分選択手段及びビット尤度変換手段の出力に基づき、選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正する。これにより、第1の発明と同様に、推定ビット列がどの程度信頼できるか（ビット尤度）を数値化することが可能となる。従って、前記課題を解決できるのである。

【0012】

【実施例】第1の実施例

図1は、本発明の第1の実施例を示すビット尤度演算装置を含む無線信号送受信装置の受信部の機能ブロック図であり、従来の図4中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。この受信部は、例えば、従来の図4と同様に16QAM方式の復調機能を有し、QAM信号の直交検波を行う位相検波器11-1、11-2と、該位相検波器11-1、11-2に直交搬送波を供給する直交搬送波発生部12と、直交検波後の高周波信号を除去するローパスフィルタ13-1、13-2とを、備えている。そして、ローパスフィルタ13-1、13-2の出力側には、従来の図4に示す4値識別器14-1、14-2、及び4値/2値変換部15-1、15-2

2に代えて、本実施例のビット尤度演算装置20が接続されている。ビット尤度演算装置20は、大規模集積回路(LSI)等を用いた個別回路、あるいはプロセッサを用いたプログラム制御等で構成されるもので、同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ2つ選択する成分選択部21-1、21-2を有している。この成分選択部21-1、21-2の出力側には、成分尤度演算部22-1、22-2を介して、ビット尤度演算部23-1、23-2が接続されている。

【0013】各成分尤度演算部22-1、22-2は、候補成分と受信成分の差の絶対値を最大尤度から減ずることによって該成分選択部21-1、21-2で選択された同相成分及び直交成分の候補の成分尤度をそれぞれ算出する機能を有している。各ビット尤度演算部23-1、23-2は、成分尤度演算部22-1、22-2で算出された同相成分及び直交成分の成分尤度から、それぞれ対応するビットのビット尤度を算出する機能を有し、その出力側には、ビット尤度補正部24-1、24-2がそれぞれ接続されている。各ビット尤度補正部24-1、24-2は、成分選択部21-1、21-2で選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致する

$$P_i = 1 - |N_i - L_i|$$

尤度 P_i は0~1の間で変化し、0に近いほど、そのレベルをとる確からしさが低く、1に近い程、そのレベルをとる確からしが高いものとする。(1)式の N_i は最も確からしいと判定された値、 L_i は判定に使用する閾値間距離である。但し、信号レベルが+3以上の場合、あるいは-3以下の場合、尤度 P_i は最大値をとるものとする。ビット尤度演算部23-1では、選択されたレベルを対応するビット列に変換し、そのビット尤度を信号点尤度とし、ビット尤度補正部24-1へ与える。例えば、選択されたレベルが+1で、その尤度が P_x のとき、レベル+1に割り当てられている第1、第3ビットの尤度を P_x とする。

【0016】信号点に対するビット割り当ては、グレイ(Gray)符号に基づいて行われているので、推定されたレベルの次に確からしいレベルに割り当てられたビット列が存在する場合でも、その違いはただか1ビットである。そのため、一致する成分については、そのビット尤度を最大値とする補正をビット尤度補正部24-1で行う。例えば、1番目に正しいレベルが1で、2番目に確からしいレベルが-1のとき、2つの確からしいレベルのうち、実際に正しいのはどちらであろうと、第3ビットの値は共に1であるから、第3ビットが1である尤度を最大値とする補正を行う。このようにして算出された第1、第3ビットの尤度を使用し、例えば、誤り訂正符号の復号処理を行えば、高品質の復号が可能となる。

【0017】一方、Q成分の処理を行う成分選択部21-2、成分尤度演算部22-2、ビット尤度演算部23-2、及びビット尤度補正部24-2では、前記の1成

分のビット尤度を最大値に補正する機能を有している。

【0014】次に、動作を説明する。まず、図1の受信部では、図3に示す変調器から出力されるQAM信号の受信波を2分し、直交搬送波発生部12で発生された直交搬送波を用い、位相検波器11-1、11-2でそれぞれ直交検波し、それがローパスフィルタ13-1、13-2で高調波成分が除去された後、I成分及びQ成分の信号がビット尤度演算装置20内の成分選択部21-1、21-2でそれぞれ送られる。I成分の処理を行う成分選択部21-1では、I成分信号の受信レベルから、最も確からしい信号レベルを2つ選択し、その選択結果を成分尤度演算部22-1へ出力する。16QAMの場合、信号レベルは-3、-1、+1、+3の4つがある。例えば、受信レベルが0.5のとき、最も確からしい成分レベルは+1、2番目に確からしい成分レベルは-1である。

【0015】成分尤度演算部22-1では、成分選択部21-1で選択された最も確からしい信号レベルの尤度 P_i を、次式(1)により算出し、その算出結果をビット尤度演算部23-1へ与える。

$$\dots (1)$$

分の処理と同様に、Q成分の尤度算出により、信号点に割り当てられたビット列の第2、第4ビットの尤度を算出する。以上のように、本実施例のビット尤度演算装置20では、QAM方式において、I成分及びQ成分のそれぞれの判定値の尤度を求め、I成分及びQ成分の各尤度からビット毎の尤度を算出している。即ち、受信された搬送波からビット尤度を求める過程で、位相空間上の検出位相の選択位相とのずれからビット尤度を算出している。そのため、推定ビット列がどの確度信頼できるか(ビット尤度)を数値化することができる。従って、算出したビット尤度を、例えば誤り訂正符号の復号に使用すれば、従来の閾値判定による復号と比較し、原信号のビットエラーレートを低くでき、高品質な誤り訂正復号を行うことが可能となる。

【0018】第2の実施例

図5は、本発明の第2の実施例を示すビット尤度演算装置を含む無線信号送受信装置の受信部の機能ブロック図であり、第1の実施例を示す図1中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。この受信部は、図1と同様に16QAM方式の復調機能を有し、位相検波器11-1、11-2、直交搬送波発生部12、及びローパスフィルタ13-1、13-2を備え、その出力側に、図1と構成の異なるビット尤度演算装置30が接続されている。

【0019】ビット尤度演算装置30は、図1と同様に、LSI等を用いた個別回路、あるいはプロセッサを用いたプログラム制御等で構成されるもので、ローパスフィルタ13-1、13-2の出力側に接続された成

分選択部31-1、31-2とビット尤度変換部32-1、32-2とを備え、そのビット尤度変換部32-1、32-2に変換用メモリ33が接続されている。成分選択部31-1、31-2は、図1の成分選択部21-1、21-2と同様に、同相成分及び直交成分の候補をそれぞれ選択する機能を有している。ビット尤度変換部32-1、32-2及び変換用メモリ33は、図1の成分尤度演算部22-1、22-2及びビット尤度演算部23-1、23-2に対応するもので、そのうち変換用メモリ33は、成分選択部31-1、31-2で選択された同相成分及び直交成分の候補から、その候補の尤度に変換するため、固有レベルで最大値をとり、固有レベルの中間点で最小値をとる関数を使用する関数変換表を記録している。また、ビット尤度変換部32-1、32-2は、成分選択部31-1、31-2で選択された同相成分及び直交成分の候補に対応するビットの尤度を変換用メモリ33から読み出す機能を有している。これらの成分選択部31-1、31-2、及びビット尤度変換部32-1、32-2の出力側には、ビット尤度補正

$$P_i = \cos \left(\left| N_i - L_i \right| * \pi / 2 \right) \quad \dots (2)$$

尤度 P_i は0~1の間で変化し、0に近い程、そのレベルをとる確からしさが低く、1に近い程、そのレベルをとる確からしが高いものとする。(2)式中の N_i は最も確からしいと判定された値、 L_i は判定に使用する閾値間距離である。但し、信号レベルが+3以上の場合、あるいは-3以下の場合、尤度 P_i は最大値をとるものとする。なお、変換式は(2)式に限らず、固有レベルで最大値をとり、固有レベルの中間点で最小値をとる関数であればよい。

【0021】次に、第1の実施例と同様に、信号点に対するビット割り当ては、グレイ符号に基づいて行われているので、推定されたレベルの次に確からしいレベルに割り当てられたビット列が存在する場合でも、その違いはただだか1ビットであるから、一致する成分については、そのビット尤度 P_i を最大値とする補正をビット尤度補正部34-1、34-2で行う。一致しない成分については、ビット尤度変換部34-1で得られたビット尤度をそのまま使用する。例えば、1番目に正しいレベルが1で、2番目に確からしいレベルが-1のとき、2つの確からしいレベルのうち、実際に正しいのはどちらであろうと、第3ビットの値は共に1であるから、第3ビットが1である尤度を最大値とする補正を行う。第1ビットの尤度は、ビット尤度変換部32-1で得られた値とする。一方、Q成分の処理を行う成分選択部31-2、ビット尤度変換部32-2、及びビット尤度補正部34-2では、前記のI成分の処理と同様に、Q成分の尤度算出により、信号点に割り当てられたビット列の第2、第4ビットの尤度が算出される。

【0022】この第2の実施例では、第1の実施例と同様の利点を有している。その上、ビット尤度変換部32

部34-1、34-2がそれぞれ接続されている。ビット尤度補正部34-1、34-2は、図1のビット尤度補正部24-1、24-2と同様に、選択された2つの成分候補に対応するビット列の一致するビットのビット尤度を最大値に補正する機能を有している。

【0020】次に、動作を説明する。第1の実施例と同様に、ロールオフフィルタ13-1、13-2により、高周波成分が除去された信号のうち、1成分の信号がビット尤度演算装置30内の成分選択部31-1及びビット尤度変換部32-1へ入力され、Q成分の信号が成分選択部31-2及びビット尤度変換部32-2へ入力される。1成分の処理を行う成分選択部31-1では、第1の実施例と同様に、成分信号の受信レベルから、最も確からしい信号レベルを2つ選択し、ビット尤度補正部34-1へ与える。ビット尤度変換部32-1では、変換用メモリ33に記録されている変換表により、信号レベルをビット尤度 P_i に変換し、ビット尤度補正部34-1へ与える。変換用メモリ33に記録される変換表は、次式(2)により算出する。

1、32-2では、変換用メモリ33に記録されている変換表により、信号レベルをビット尤度に変換するため、第1の実施例の成分尤度演算部22-1、22-2及びビット尤度演算部23-1、23-2の演算処理よりも高速に変換処理を行うことができる。なお、本発明は上記実施例に限定されず、例えば、図1及び図のビット尤度演算装置20、30内に、演算の処理速度や精度を向上するための他の機能ブロックを付加したり、あるいは16QAM方式以外の他の数のQAM方式を用いる等、種々の変形が可能である。

【0023】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、第1の発明によれば、成分選択手段及び成分尤度演算手段により、QAM方式における同相成分及び直交成分のそれぞれの判定値の尤度を求め、その同相成分及び直交成分の各尤度から、ビット尤度演算手段によってビット毎の尤度を算出する。すなわち、QAM方式において、受信された搬送波からビット尤度を求める過程で、位相空間上の検出位相の選択位相とのずれからビット尤度を算出するようにしている。そのため、推定ビット列がどの程度信頼できるか(ビット尤度)を数値化することができる。従って、算出したビット尤度を、例えば誤り訂正符号の復号に使用すれば、従来の閾値判定による復号と比較し、原信号のビットエラーレートを低くでき、高品質な誤り訂正復号を行うことが可能となる。

【0024】第2の発明によれば、ビット尤度変換手段により、QAM方式における同相成分及び直交成分のそれぞれの判定値の尤度及びビット毎の尤度を変換用メモリから読み出すようにしているので、第1の発明と同様に、推定ビット列がどの程度信頼できるか(ビット尤

度)を数値化することができ、求めたビット尤度を、例えば誤り訂正符号の復号に使用すれば、高品質な誤り訂正復号を行うことが可能となる。さらに、ビット尤度変換手段では、変換用メモリに記録されている変換表により、信号レベルをビット尤度に変換するため、第1の発明の演算によりビット尤度を算出する手段よりも、高速にビット尤度が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示すビット尤度演算装置を含む無線信号送受信装置の受信部の機能ブロック図である。

【図2】16QAM方式の信号点配置とビット割り当ての一例を示す図である。

【図3】従来の16QAM方式の変調器の機能ブロック図である。

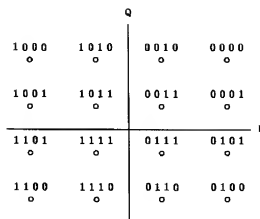
【図4】従来の16QAM方式の復調器の機能ブロック図である。

【図5】本発明の第2の実施例を示すビット尤度演算装置を含む無線信号送受信装置の受信部の機能ブロック図である。

【符号の説明】

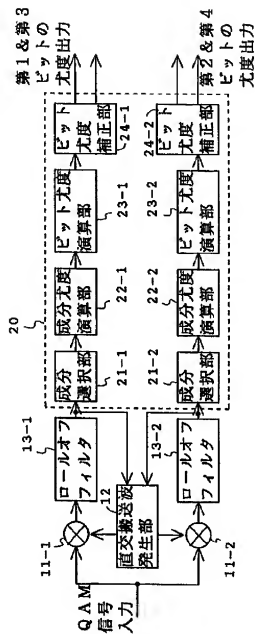
| | |
|------------------------|-----|
| 11-1, 11-2 | 位相検 |
| 波器 | |
| 12 | 直交検 |
| 送波発生部 | |
| 20, 30 | ビット |
| 尤度演算装置 | |
| 21-1, 21-2, 31-1, 31-2 | 成分選 |
| 択部 | |
| 22-1, 22-2 | 成分尤 |
| 度演算部 | |
| 23-1, 23-2 | ビット |
| 尤度演算部 | |
| 24-1, 24-2, 34-1, 34-2 | ビット |
| 尤度補正部 | |
| 32-1, 32-2 | ビット |
| 尤度変換部 | |
| 33 | 変換用 |
| メモリ | |

【図2】



16QAM方式の信号点配置とビット割り当ての一例

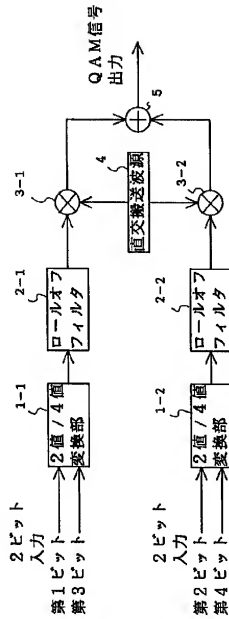
11-1, 11-2 : 位相検波器
20 : ビット尤度演算装置



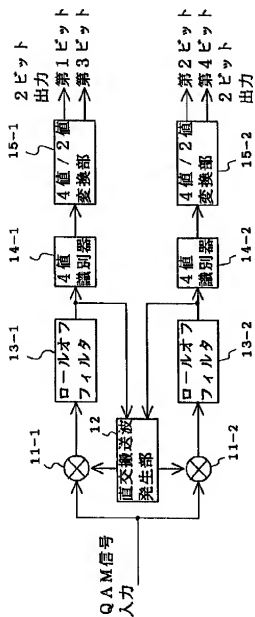
【図1】

本発明の第1の実施例のビット尤度演算装置

【図3】



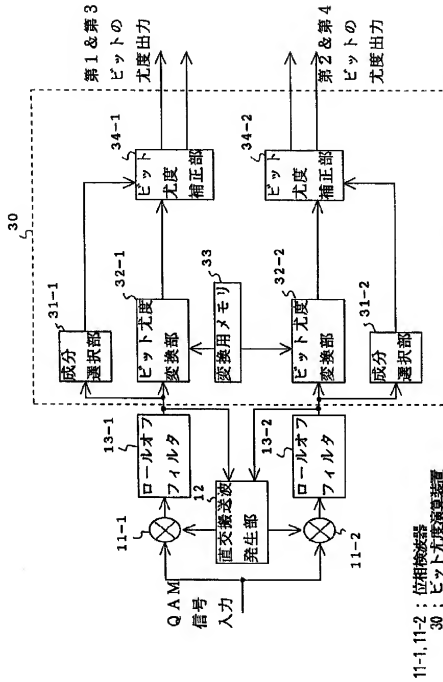
従来の16QAM方式の変調器



【図4】

従来の16QAM方式の復調器

【図5】



本発明の第2の実施例のビット尤度演算装置